

21-09-2004 12:00:20 9928

REC'D PCT/PTO 22 FEB 2005

2

Die für die Raman-Verstärkung relevanten Eigenschaften der Übertragungsfaser können auch bei Fasern eines Typs (SSMF, LEAF, TrueWave,...) von Exemplar zu Exemplar so stark streuen, dass sich spürbare Unterschiede der resultierenden Gewinnsspektren ergeben. Weiterhin liegen bei der Installation des Systems meistens keine Kenntnisse über die Einfügedämpfung zwischen der Pumpquelle und dem eigentlichen Eingang der Übertragungsfaser vor. Ein gewünschtes Gewinnsspektrum lässt sich daher bei Inbetriebnahme des Systems nur einstellen, wenn das aktuell vorliegende Gewinnsspektrum in jedem Streckenabschnitt gemessen werden kann und die Pumpleistungen bei Abweichungen entsprechend angepasst werden.

Bislang sind im wesentlichen vier Verfahren zur Einstellung der Pumpleistungen der Raman-Quellen bei der Inbetriebnahme des Systems bekannt. Das erste Verfahren lässt sich anwenden, wenn das System mit maximaler Kanalzahl in Betrieb geht. In diesem Fall werden die Streckenabschnitte, hinter dem Sender beginnend, einer nach dem anderen hochgefahren. Da bei der Inbetriebnahme bereits alle Kanäle vorhanden sind, können diese als Mess-Signalspektrum für eine Gewinnmessung dienen. Es wird zunächst das Signalspektrum am Ausgang des Streckenabschnitts bei ausgeschalteter Raman-Pumpquelle und anschließend das Spektrum bei eingeschalteter Quelle gemessen. Das Verhältnis der beiden Spektren bzw. die Differenz der Pegel in dB ergibt unmittelbar das an/aus Gewinnsspektrum des Raman-Verstärkers. Ein derartiges Ausführungsbeispiel wird in EP 1 130 825 A2 beschrieben. Hier wird eine Gewinnmessung in Anhängigkeit einer spezifischen Konfiguration aktiver Kanäle durchgeführt, was bei Inbetriebnahme des Systems unerwünscht ist.

In der Praxis lässt sich das Verfahren leider selten einsetzen, weil die meisten Systeme nur mit einer sehr kleinen Zahl von Kanälen in Betrieb genommen und erst später hochgerüstet werden. Eine Messung und Einstellung des Gewinnsspektrums nur mit den anfangs bereits vorhandenen Signalkanälen wäre zwar

21-09-2004 200209928

DE0302266

2a

prinzipiell möglich, da der Gewinn bei den noch fehlenden Kanälen keine Rolle spielt. Spätestens bei der Inbetriebnahme weiterer Kanäle müsste das Gewinnspektrum dann erneut vermessen und abgeglichen werden. Das dafür erforderliche Abschalt-

21-09-2004 2002P09928WO

DE0302266

alleine anhand des angegebenen Fasertyps der Übertragungs-
faser ein. Da das Verfahren damit weder die genauen Fasereigen-
schaften noch die Einfügedämpfung zwischen Pumpquelle und Ü-
bertragungsfaser kennt, kann das resultierende Gewinnspektrum
5 deutlich vom eigentlich gewünschten abweichen.

Im Folgenden sind Beispiele für den Stand der Technik aufge-
führt, in denen einige der oben angeführten Verfahren zum
Einsatz kommen.

10

In WO 00/73826 A2 wird ein optisches Übertragungssystem vor-
gestellt, das verschiedene in Reihe geschaltete Verstärker-
einheiten besitzt. Die Verstärker-Funktionen werden entweder
im Betrieb oder mittels Zusatzeinheiten durch Gewinn-
15 Messungen bei der Wellenlänge des Signals kontrolliert und
die Pumpleistungen werden dementsprechend eingestellt. Für
Test-Messungen des Verstärker-Gewinns werden als ASE-Quelle
je nach Anzahl der zu untersuchenden Kanäle sowohl breitban-
dige als auch schmalbandige Lichtquellen eingesetzt.

20

Auch in US 2002/0071173 A1 und US 2002/0044336 A1 sind über
die Pumpleistung kontrollierbare optische Verstärkereinheiten
einer Übertragungsstrecke gezeigt, bei denen jeweils ein Ra-
man-Verstärker einem optischen Faserverstärker vorgeschaltet
25 ist. In US 2002/0071173 A1 enthält der Verstärker ein wellen-
längen-abhängiges durchstimmbares Filter. Um ein flaches Ge-
winnspektrum zu erhalten werden die Gewinnspektren der Ver-
stärkereinheit kontrolliert und das Filter dementsprechend
verstellt. In US 2002/0044336 A1 enthält das Verstärkermodul
30 eine Einheit, die feststellt, ob das Eingangssignal aufgrund
von Rauscheinflüssen des Raman-Verstärkers unterbrochen ist.
Die Pumpleistung der Raman-Quelle wird je nach Signaldetektio-
n eingestellt, wodurch auch der Rauschpegel geregelt werden
kann.

35

Aus US 2002/0054733A1 ist ein typischer Übertragungsabschnitt
mit einem Raman-Verstärker und einem dem Raman-Verstärker

vorgeschalteten optischen Faserverstärker als Booster bekannt, bei dem das Raman-Gewinnspektrum durch Vergleich des Spektrums der über die aktiven Kanäle übertragenen Signale mit einem gespeicherten Spektrum ermittelt wird. Die Leistung
5 der Pumpquelle des Raman-Verstärkers wird mit einer Regeleinheit derart variiert, dass minimale Anweichungen der verglichenen Spektren auftreten, woraus der Raman-Gewinn hergeleitet wird.

- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und weiterhin eine Anordnung zur Ermittlung eines Gewinnspektrums anzugeben, die eine einfache Einstellung der Leistungen der Pumpquelle des Raman-Verstärkers ermöglichen und bei denen die zuvor erwähnten Nachteile vermieden werden.

15

Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich ihres Vorrichtungsaspekts durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7.

20

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- Das vorgeschlagene erfindungsgemäße Verfahren verwendet als
25 Mess-Signal die verstärkte spontane Emission ASE, die von im System vorhandenen optischen Verstärkern, beispielsweise Erbium-dotierten Faserverstärkern EDFAs, generiert wird. Da die Faserverstärker EDFAs im gesamten Signalwellenlängenbereich ein flaches Gewinnspektrum aufweisen müssen, erzeugen sie
30 auch im gesamten Wellenlängenbereich ASE, in dem das Gewinnspektrum der verteilten Raman-Verstärker mit einer breitbandigen Pumpquelle gemessen werden muss. Das ASE-Spektrum weist einen anderen Verlauf auf als das Gewinnspektrum der Faserverstärker EDFAs. Die genaue Form des ASE-Spektrums der Faserverstärker EDFAs spielt für die Gewinnmessung der Raman-
35 Verstärker jedoch keine Rolle. Das zu messende Raman-Gewinnspektrum ergibt sich aus dem Verhältnis der Spektren am

21-09-2004 2002P09928WO

DE0302266

4b

Ausgang des Streckenabschnitts mit aus- bzw. eingeschalteter
Raman-Pumpquelle und hängt nicht von der Form der Einzel-

Patentansprüche / Patent claims

1. Verfahren zur Ermittlung eines Gewinnspektrums (GS) eines Raman-Verstärkers in einem WDM-Übertragungssystem, der einem optischen Faserverstärker nachgeschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass bei aktivem gesteuertem optischem Faserverstärker hauptsächlich verstärkte spontane Emission (ASE) verursacht wird, dass bei ein- und ausgeschalteten gesteuerten Pumpquellen des Raman-Verstärkers erzeugte optische Spektren (SP_i) (i>1) am Ausgang des Raman-Verstärkers gemessen werden und dass aus diesen Spektren (SP_i) das Gewinnspektrum (GS) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Spektrum (SP₁) bei ausgeschalteter Pumpquelle (PQ) des Raman-Verstärkers und eingeschalteter Pumpquelle des optischen Faserverstärkers gemessen wird, dass ein drittes Spektrum (SP₃) mit eingeschalteter Pumpquelle PQ des Raman-Verstärkers und eingeschalteter Pumpquelle des optischen Faserverstärkers gemessen wird, dass das Gewinnspektrum (GS) des Raman-Verstärkers nach der folgenden Regel errechnet wird: $GS = \frac{SP_3}{SP_1}$.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Spektrum (SP₁) bei ausgeschalteter Pumpquelle (PQ) des Raman-Verstärkers und eingeschalteter Pumpquelle des optischen Faserverstärkers gemessen wird, dass ein zweites Spektrum (SP₂) bei eingeschalteter Pumpquelle (PQ) des Raman-Verstärkers und ausgeschalteter Pumpquelle des optischen Faserverstärkers gemessen wird, dass ein drittes Spektrum (SP₃) mit eingeschalteter Pumpquelle PQ des Raman-Verstärkers und eingeschalteter Pumpquelle des optischen Faserverstärkers gemessen wird,

21-09-2004 2002P09928W0

DE0302266

dass das Gewinnspektrum (GS) des Raman-Verstärkers nach der folgenden Regel errechnet wird: $GS = \frac{SP3 - SP2}{SP1}$.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass bei Übertragungstrecken mit weiteren optischen Faser-
verstärkern und weiteren Raman-Verstärkern durch deren Ein-
und Ausschalten von deren Pumpquellen weitere Spektren gemes-
sen werden und daraus die Gewinnspektren der Raman-Verstärker
10 ermittelt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Inbetriebnahme einer Übertragungstrecke mit mehre-
15 ren Abschnitten, die wenigstens einen optischen Faserverstär-
ker und einen Raman-Verstärker enthalten, die Ermittlung der
Gewinnspektren (GS) abschnittsweise durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ermittlung des Gewinnspektrums (GS) die Kanalsignale
gedämpft werden, so dass am Ausgang des optischen Faserver-
stärkers eine hohe verstärkte spontane Emission (ASE) auf-
tritt.
- 25 7. Anordnung zur Ermittlung eines Gewinnspektrums (GS) eines
Raman-Verstärkers in einem WDM-Übertragungssystem, der einem
optischen Faserverstärker nachgeschaltet ist,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass eine Steuereinrichtung (SE) zum Ein- und Ausschalten von
Pumpquellen des Raman-Verstärkers sowie zur Aktivierung des
optischen Faserverstärkers dient,
dass bei aktivem optischem Faserverstärker hauptsächlich ver-
stärkte spontane Emission (ASE) verursacht wird,
35 dass bei ein- und ausgeschaltetem Raman-Verstärker erzeugte
Spektren (SP_i) ($i > 1$) an einem dem Raman-Verstärker nachge-
schalteten optischen Spektrumanalysator (OSA) gemessen werden

21-09-2004 2002P09928WO

DE0302266

und dass aus diesen Spektren (SPi) das Gewinnspektrum (GS) ermittelt wird.

8. Anordnung nach Anspruch 7,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass dem optischen Spektrumanalysator (OSA) eine Bewertungseinheit (EE) von am optischen Spektrumanalysator (OSA) aufgenommen Spektren und ein Regler (RE) zur Steuerung der spektralen Leistungsanteile der Pumpquelle (PQ) angeschlossen
10 sind.
9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass als optischer Faserverstärker ein Erbium dotierter Faserverstärker (EDFA1, EDFA2, ...), ein Halbleiterverstärker
15 oder ein diskreter Raman-Verstärker vorgesehen ist.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass dem optischen Faserverstärker eine Dämpfungsvorrichtung (VOA) vorgeschaltet ist, die bei einer Messung Kanalsignale (S1) unterdrückt, so dass dem Raman-Verstärker ein Signal mit hoher verstärkter spontaner Emission (ASE) zugeführt wird.